

# Analisis Keandalan Struktur *Padeye* Berdasarkan Konfigurasi *Rigging* pada *Lifting Upper Deck* Modul MODEC dengan Pendekatan Dinamik

Iqbal Gayuh R.M.S<sup>(1)</sup>, Yeyes M<sup>(2)</sup>, dan Yoyok S.M<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Mahasiswa Teknik Kelautan, <sup>(2)(3)</sup>Staff Pengajar Teknik Kelautan ITS

Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: yeyes@oe.its.ac.id, yoyoksetyo@oe.its.ac.id

**Abstrak**— Dalam perusahaan yang bergerak dalam bidang fabrikasi, *lifting* merupakan salah satu tahapan terpenting dalam membangun bangunan lepas pantai sehingga diperlukan perhitungan dan analisis tambahan untuk memperhatikan apakah struktur tersebut aman ataupun tidak. Sekenario *lifting* berdasarkan konfigurasi *rigging* dapat dibuat untuk menentukan *rigging equipment* yang tepat. Pada kasus ini, struktur yang di-*lifting* adalah struktur *upper deck* dari modul MODEC yang dikerjakan oleh PT. GPS Batam. Deck ini memiliki panjang sekitar 19,5 m dan lebar 9 m. Berat total struktur dengan *equipment* sebesar 55 ton. Konfigurasi *rigging* yang akan digunakan ada tiga, yaitu Model A (tanpa *spreader bar*), Model B (satu *spreader bar*), dan Model C (dua *spreader bar*). Dari ketiga konfigurasi tersebut akan diperoleh dimensi *padeye* yang berbeda-beda. Model A, Model B, dan Model C memiliki diameter hole *padeye* masing-masing sebesar 74 mm, 65 mm, dan 52 mm. Tegangan dan UC tertinggi sama-sama terjadi pada Model A sebesar 17625,99 psi dan untuk UC sebesar 0,52. Tetapi hal ini berbanding terbalik apabila ditinjau dari daerah lubang. Tegangan ataupun UC yang lebih tinggi jatuh pada Model C yang menggunakan dua *spreader bar* sebesar 13936,58 psi dan nilai UC sebesar 0,45. Tegangan yang terjadi di *attachments* maupun sekitar hole dijadikan variabel dalam mencari keandalan yang terjadi pada tiap *padeye* dengan metode Mean value first order second moment (MVFOSM). Sehingga didapatkan Probability of Failure (PoF) pada *attachments padeye* pada Model A, B, dan C masing-masing sebesar 0,126%, 0,064 %, dan 0,0001 %. Sedangkan PoF pada hole *padeye* sebesar 0,062% untuk Model A, 0,10 % untuk Model B, dan 0,23% untuk Model C.

**Kata Kunci**—keandalan, *lifting*, MVFOSM, *padeye*, PoF, *rigging*.

## I. PENDAHULUAN

PROSES pembangunan struktur lepas pantai seperti TLP, *submersible*, *spar*, *topside module*, dan *jacket* dilakukan di darat oleh perusahaan fabrikasi yang berada di daerah waterfront. Fabrikasi/ perakitan tersebut pada umumnya dilakukan terpisah dari site operation bangunan lepas pantai tersebut. Salah satu tahapan perakitan struktur adalah proses *lifting* [1].

*Lifting* adalah aktifitas menaikkan atau menurunkan sebuah struktur dengan menggunakan crane [2]. Proses *lifting* terjadi selama fase konstruksi dan instalasi, sehingga sangat penting untuk memahami perhitungan *lifting* karena perkerjaan tersebut tergantung pada perhitungan *lifting* [3]. Bisa dikatakan bahwa tahapan *lifting* adalah salah satu tahap

terpenting dalam fabrikasi.

Untuk itu, perhitungan *lifting* dilakukan dengan sebaik dan seteliti mungkin. Hal-hal yang perlu diantisipasi yang dapat menyebabkan kegagalan struktur saat proses *lifting* adalah beban struktur sebagai objek *lifting* maupun beban lingkungan, baik di offshore, onshore, maupun inshore. Beban struktur yang diperhitungkan harus sesuai dengan beban pada kondisi aslinya karena beban tersebut akan terdistribusi melalui *lifting point* dan menjadi beban *sling*.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah melakukan konfigurasi *rigging* yang akan berdampak pada tegangan di member struktur, dimensi *padeye*, keandalan *padeye* dan *sling* pada *lifting upper deck* modul MODEC yang dilakukan pada perusahaan PT.Global Process System. Sekenario konfigurasi *rigging* yang direncanakan adalah empat poin *lifting* tanpa *spreader bar*, dengan satu *spreader bar*, dan dengan dua *spreader bar*. Setelah melakukan analisis gaya yang terjadi akan menentukan dimensi *padeye* dan *sling properties* yang dibutuhkan. Kedua *equipment* tersebut sangatlah penting selama dilakukan proses *lifting* tersebut. Pada konfigurasi *rigging* maka akan diketahui seberapa besar tegangan yang terjadi pada *padeye* dan *sling*. Selanjutnya dilakukan analisis keandalan *padeye* guna mencari kemungkinan besar terjadinya kegagalan.

## II. URAIAN PENELITIAN

Tahapan dalam analisis *lifting* hingga mencari keandalan dari struktur *padeye* dijelaskan sebagai berikut:

### A. Pengumpulan Data

Obyek *lifting* yang digunakan adalah struktur *upper deck* dari modul MODEC. Data yang diperlukan adalah profil material dari struktur *upper deck* sebagai berikut:

Tabel 1. Data *Beam* Penyusun *Upper Deck*

Item No.	Deskripsi	unit (kg/m)	Length (m)	Weight (kg)
1	UC 305x305x97	96,9	206,71	20030,199
2	UB356x127x33	33,1	1,25	41,375
3	W24x146	217,3	75,14	16327,922

Pada *upper deck* juga memiliki *equipment* yang terinstalasi di bagian atasnya dengan berat masing-masing sebagai berikut:

Tabel 2. *Equipment Cooler* pada *Upper Deck*

Item No.	Deskripsi	Weight (kg)
1	Cooler 1	3965
2	Cooler 2	5138
3	Cooler 3	9048
	Total Weight (kg)	18151

### B. Penentuan Centre Of Gravity

Perhitungan CoG struktur *upper deck* dihitung secara manual melalui perhitungan *material take off* (MTO) dari penyusun dan *equipment* pada *upper deck* lalu didapatkan letak koordinat titik grafitasinya.

### C. Beban Angin

Gaya akibat angin pada proses *lifting* dapat mempengaruhi kemiringan obyek *lifting*, sehingga struktur *lifting* mendapatkan gaya tambah pada *sling*. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan gaya akibat angin dengan menggunakan persamaan berikut [4]:

$$F = \frac{1}{2} \rho C A V^2 \quad (1)$$

Dimana F adalah gaya angin,  $\rho$  adalah massa jenis udara, A adalah luasan area, dan V adalah kecepatan angin. Sementara C adalah koefisien bentuk dari benda yang terkena angin.

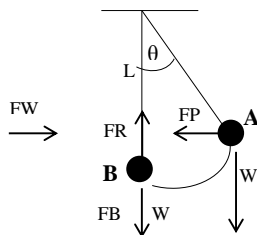
Angin yang digunakan untuk perhitungan respons dinamis adalah angin menurut skala *beaufort* dimana kecepatan angin yang digunakan pada skala 0 hingga 3.

### D. Pendekatan Respon Dinamis

Dikarenakan pada saat proses *lifting* sebuah struktur terikat dan tergantung terkena gaya angin, maka pendekatan untuk mempermudah perhitungan respon dinamis ini adalah dengan melalui pendekatan bandul. Di dalam gerakan bandul/pendulum terdapat energi kinetik dan energi potensial. Dimana persamaan energi kinetik dan potensial adalah:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2)$$

$$E_p = m g h \quad (3)$$



Gambar 1. Gaya-Gaya yang Bekerja pada Bandul

Dari gambar diatas, FW merupakan gaya angin yang dinyatakan pada persamaan (1). Perhitungan ini untuk mendapatkan kecepatan angin yang mengakibatkan penambahan gaya pada struktur yang mendekati *dynamic*

*amplitude factor* dari DNV sebesar 1,10 untuk *onshore*. Kecepatan angin yang didapatkan digunakan sebagai beban dinamis pada *input* permodelan SACS 5.6.

### E. Konfigurasi Rigging

Pada penelitian ini, konfigurasi *rigging* yang dikenakan pada obyek *lifting* ada tiga, yaitu Model A (tanpa *spreader bar*), Model B (dengan satu *spreader bar*), Model C (dengan dua *Spreader Bar*).

### F. Penentuan Sling

Untuk menentukan *sling properties* yang akan digunakan dalam proses *lifting* diharuskan untuk menghitung kekuatan *sling* agar tidak terjadi kegagalan. Dalam menentukan *sling*, nilai yang digunakan adalah *minimum breaking load* (MBL) melalui persamaan berikut [2]:

$$F_{sling} < \frac{MBL_{sling}}{\gamma_{sf}} \quad (4)$$

Dimana  $F_{sling}$  merupakan gaya sling terbesar dan  $\gamma_{sf}$  merupakan *safety factor*.

### G. Penentuan Shackle

*Shackle* merupakan pengait antara *sling* dari *crane* dengan *padeye*. *Shackle* dalam *lifting* digunakan untuk menghubungkan *sling* dengan *padeye* pada komponen yang diangkat. Nilai beban *shackle* didapatkan dari beban yang terjadi pada *sling*. Penentuan *shackle* menggunakan nilai SWL (*Safety Working Load*) [2].

$$F_{sling} < SWL \times DAF \quad (5)$$

Dimana DAF merupakan *Dynamic Amplitude Factor* sebesar 1,10 untuk *lifting onshore*.

### H. Desain Padeye

*Padeye* adalah sebuah titik *lifting* yang terbuat dari plat dan diperkuat dengan *cheek plate* dengan sebuah lubang sebagai tempat yang menghubungkan dengan *shackle* [3].

Sedangkan penentuan dimensi *padeye* menurut DNV OS-H205 (2014) adalah sebagai berikut:

1. Penentuan diameter luar main plate *padeye* tidak boleh kurang dari diameter *pin hole*.
2. Tebal *padeye* pada area lubang tidak boleh kurang dari 75% lebar dalam dari *shackle*
3. Diameter lubang *padeye* harus secara hati-hati ditentukan agar fit dengan diameter *shackle pin*. Agar kuat, perbedaan jarak lubang *padeye* dan diameter pin sekecil mungkin
4. Direkomendasikan untuk diameter *shackle pin* tidak kurang 94% dari diameter lubang *padeye*

### I. Perhitungan Tegangan Padeye

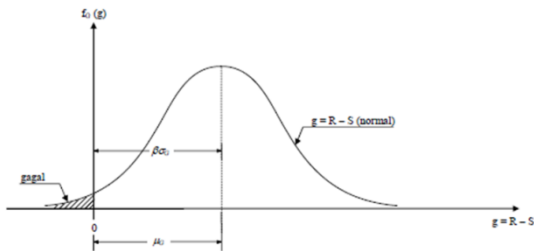
Tegangan yang terjadi dalam *padeye* dihitung berdasarkan dua area. Area pertama adalah tegangan pada *attachments* dan area kedua adalah tegangan pada sekitar lubang.

Pada daerah *attachments*, *padeye* yang akan dibuat memiliki *stiffner* pada depan dan belakang. *Attachmentss* yang digunakan oleh *padeye* berbentuk *flange*. Tegangan- tegangan yang terjadi pada daerah *attachments* meliputi *tensile stress* (Ft), *shear stress* (Fs) dan *bending stress* (Fba). Sedangkan pada daerah *hole*, tegangan yang terjadi meliputi *tension stress* (Ft), *shear stress* (Fs), *tear out stress* (Ftr), dan *bearing stress* (Fbr).

#### J. Analisis Keandalan

Keandalan adalah peluang suatu sistem untuk sukses menjalankan tugasnya pada periode waktu tertentu dengan lingkungan operasi tertentu pula. Salah satu cara untuk mengukur keandalan adalah dengan cara menggunakan indeks keandalan  $\beta$ , yang didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai rata-rata dan nilai simpang baku keselamatan [5].

Metode yang digunakan dalam analisis keandalan *padeye* ini adalah *Mean value first order second moment* (MVFOSM). Metode ini digunakan untuk memperkirakan keandalan komponen yang tidak dibuat secara massal.



Gambar 2. Grafik Distribusi Indeks Keandalan

Pada gambar diatas, R merupakan kekuatan struktur, sedangkan S adalah beban yang terjadi pada struktur. Karena R, dan S adalah normal, maka  $g(R,S)$  juga normal.  $\mu$  merupakan nilai rerata dan  $\sigma$  adalah deviasi standar.

Indeks Keandlan ( $\beta$ ) dapat diperoleh dengan persamaan :

$$\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (6)$$

dan peluang kegagalan (pof) diperoleh dari persamaan :

$$\begin{aligned} p_f &= \int_{-\infty}^0 f_G(g) dg \\ &= \Phi\left(\frac{0 - \mu_G}{\sigma_G}\right) - \Phi\left(\frac{-\infty - \mu_G}{\sigma_G}\right) \\ &= \Phi\left(\frac{-\mu_R + \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\right) - 0 \\ p_f &= 1 - \Phi(\beta) \end{aligned} \quad (7)$$

### III. HASIL DAN DISKUSI

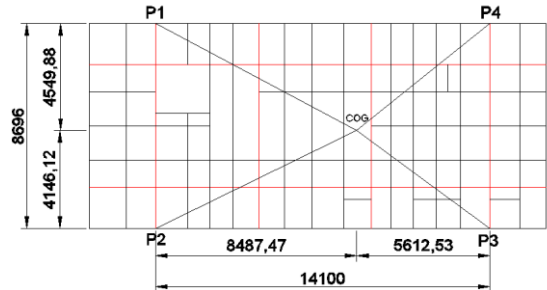
#### A. Analisis MTO, Centre of Gravity dan Distribusi Beban

Analisis MTO digunakan untuk mendaftar jumlah dan jenis material yang digunakan untuk mendesain suatu struktur. Selain itu, Tujuan dari analisis ini adalah untuk menentukan total berat struktur tersebut. Sehingga dengan diketahuinya jenis dan berat material yang digunakan maka dapat

digunakan untuk menentukan titik berat struktur tersebut atau biasa disebut Center of Gravity.

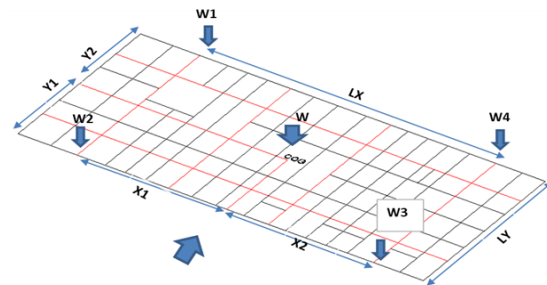
Tabel 1. Koordinat CoG Upper Deck

COG Total	x	11285,467	mm
	y	4146,123	mm



Gambar 1. Letak Posisi CoG Upper Deck

Selanjutnya adalah analisis distribusi beban yang bertujuan untuk menentukan pembagian beban yang bekerja pada masing-masing *lifting point* selama operasi *lifting* berlangsung. *Lifting point* yang digunakan pada *upper deck* ini berjumlah empat *point lifting* yang dimana letaknya ada pada *main girder* struktur. Beban dengan nilai terbesar akan dijadikan acuan sebagai *weight design*. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan distribusi beban.



Gambar 2. Distribusi Beban Struktur Lifting

Tabel 2. Nilai Beban pada Masing- Masing Point Lifting

Lifting Point	Weight (kg)
W1/P1	11531.24
W2/P2	12654.18
W3/P3	19136.11
W4/P4	17437.96

Beben terbesar akan digunakan sebagai gaya *design* dalam menentukan properti dari *lifting equipments*.

#### B. Konfigurasi Rigging

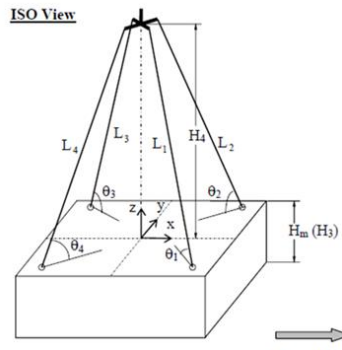
Perhitungan dilakukan berdasarkan tiga konfigurasi *lifting* yang berbeda, antara lain tanpa menggunakan *spreader bar* (Model A), dengan menggunakan satu *spreader bar* (Model B), dan dengan dua *spreader bar* (Model C). Dimensi yang ditinjau adalah panjang *sling*, sudut angka *sling*, panjang dan lebar *spreader bar*, sedangkan dimensi *hook* dianggap nol. Dengan menggunakan formula dari Li Liang (2004) [6], maka

variasi konfigurasi *rigging* dapat dimodelkan sebagai berikut:

1. Model A:

Tabel.3 Konfigurasi *Rigging* Model A

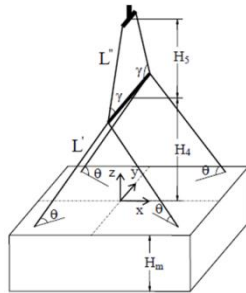
Dimensi		
Dx	14100	mm
Dy	8696	mm
Wh	0	mm
Xc	1,437	m
Yc	0,202	m
Lh	0	mm
L <sub>1</sub>	19277	mm
L <sub>2</sub>	19186	mm
L <sub>3</sub>	18099	mm
L <sub>4</sub>	18196	mm
$\theta_2$	60,05	mm
$\theta_3$	67,32	mm
$\theta_4$	66,08	mm
H4	16700	mm



2. Model B:

Tabel 4. Konfigurasi *Rigging* Model B

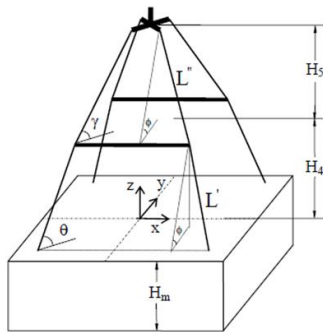
Dimensi		
Dx	14100	mm
Dy	8696	mm
Lsp	6000	mm
L'	17000	mm
Lh	0	mm
L''	10000	mm
H4	15410,4	mm
H5	9539,39	mm
$\theta$	65,0253	°
$\gamma$	72,5424	°



3. Model C:

Tabel 5. Konfigurasi *Rigging* Model C

Dimensi		
Dx	14100	mm
Dy	8696	mm
Wsp	7000	mm
L'	25000	mm
Lh	100	mm
Dsp	8055	mm
L''	11000	mm
$\phi$	82,98	°
Wh	100	mm
H4	24561	mm
H5	10367	mm
$\theta$	81,8	°
$\gamma$	61,4	°



C. Perhitungan Beban Angin

Perhitungan dari respon dinamis ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar gaya dan kecepatan angin yang dapat menghasilkan beban terhadap struktur yang mendekati nilai faktor DAF menurut DNV sebesar 1,1. Dengan menggunakan data angin menurut skala beaufort, didapatkan hasil sebagai berikut:

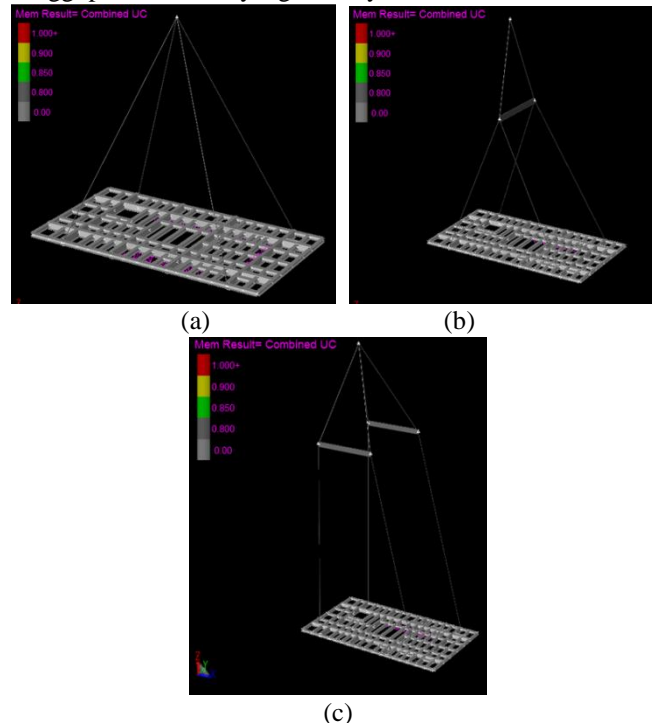
Tabel 6. Perhitungan Gaya Angin

Skala	Kec. Angin (km/jam)	FW (KN)	W (KN)	$\theta$	Vb (m/s)	FR (KN)	FR/W
0	1	0,34	541,31	0,04	0,00	541,31	1,0
1	2	1,37	541,31	0,15	0,00	541,31	1,0
	3	3,09	541,31	0,33	0,00	541,31	1,0
	4	5,49	541,31	0,58	0,01	541,31	1,0
	5	8,58	541,31	0,91	0,02	541,31	1,0
2	6	12,36	541,31	1,31	0,04	541,32	1,0
	7	16,82	541,31	1,78	0,08	541,33	1,0
	8	21,97	541,31	2,33	0,13	541,37	1,0
	9	27,80	541,31	2,94	0,22	541,47	1,0
	10	34,33	541,31	3,64	0,33	541,67	1,0
	11	41,54	541,31	4,40	0,48	542,08	1,0
3	12	49,43	541,31	5,24	0,68	542,86	1,0
	13	58,01	541,31	6,15	0,94	544,25	1,0
	14	67,28	541,31	7,14	1,27	546,64	1,0
	15	77,24	541,31	8,20	1,67	550,59	1,0
	16	87,88	541,31	9,34	2,17	556,90	1,0
	17	99,21	541,31	10,56	2,77	566,73	1,0
	18	111,22	541,31	11,86	3,49	581,64	1,1
	19	123,92	541,31	13,23	4,35	603,79	1,1

Apabila disesuaikan dengan ketentuan **DNV pt2 Ch5-Lifting (1996)** dimana *Dynamic Amplitude Factor* untuk *lifting* di darat sebesar 1,10, maka tepat pada kecepatan angin 18,7 km/jam dengan sudut kemiringan 12,8 derajat. Kecepatan tersebut akan digunakan sebagai beban dinamis untuk menentukan *unity check* dari ketiga konfigurasi pada permodelan SACS

D. Unity Check Member

Permodelan dilakukan dengan *software* SACS 5.6 untuk semua model konfigurasi *rigging*. Dalam hasil output didapatkan dari ketiga model tersebut menghasilkan UC tertinggi pada member yang sama, yaitu member 0014-0018.



Gambar 3. Output *Unity Check Member* pada (a) Model A, (b) Model B, dan (c) Model C.



Unity check member tertinggi berada pada Model A sebesar 0,281 pada member 0014-0018. Berikut adalah lima member dengan UC tertinggi pada Model A.

#### E. Penentuan Shackle, Sling, dan Padeye

Berikut adalah hasil penentuan *shackle*, *sling*, dan dimensi *padeye* pada ketiga model *rigging upper deck*:

Tabel 8. *Shackle Properties*

Tipe Model	Tipe	SWL (ton)	A (mm)	D1 (mm)	C (mm)	N (mm)
Tanpa <i>Spreader bar</i> (model A)	A085664	55	105	70	267	79,5
Satu <i>Spreader bar</i> (model B)	A085556	42,5	95	65	222	57
Dua <i>Spreader bar</i> (model C)	A085845	40	74	50	178	45

Tabel 9. Hasil Penentuan Dimensi *Padeye*

Dimensi	Model A (mm)	Model B (mm)	Model C (mm)
Diameter Hole, Dh	74	65	52
Radius Main Plate, Rpl	135	130	100
Radius Cheek Plate, Rch	100	90	70
Tebal Main Plate, Tpl	50	50	40
Tebal Cheek Plate, Tch	20	17,5	15
Length, L	410	395	305
Tinggi, Ht	335	292	226

Tabel 9. MBL *Sling* pada Ketiga Model

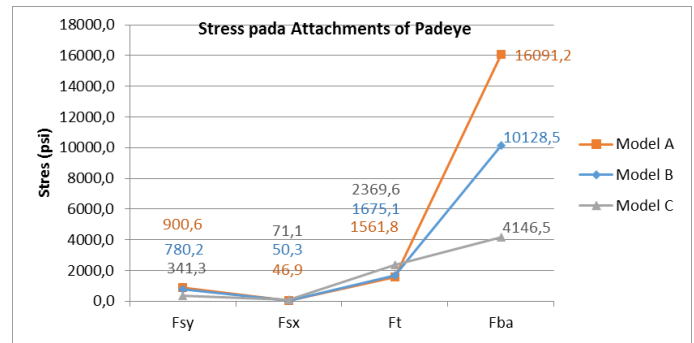
MBL	Model A	Model B	Model C
<i>Sling 1</i> (kg)	66291,75	63353,5	61112,5
<i>Sling 2</i> (kg)	n/a	100017	108661

#### F. Perhitungan Tegangan pada Padeye

Perhitungan tegangan dilakukan berdasarkan dua area pada *padeye*, yaitu pada *attachments* dan area sekitar lubang *padeye*. Berikut adalah hasil dari perhitungan tegangan di area *attachments* dari ketiga model *padeye*:

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Stress* pada Area *Attachments*

Nama Model	Shear Stress (psi)		Tensile Stress (psi)	Bending Stress (psi)	Total Stress (psi)	
	Fsy	Fsx	Ft	Fba	Fy	Uc
Model A	900,6	46,9	1561,8	16091,2	17676	0,52
Model B	780,2	50,3	1675,1	10128,5	11829,5	0,35
Model C	341,3	71,1	2369,6	4146,5	6525,5	0,19

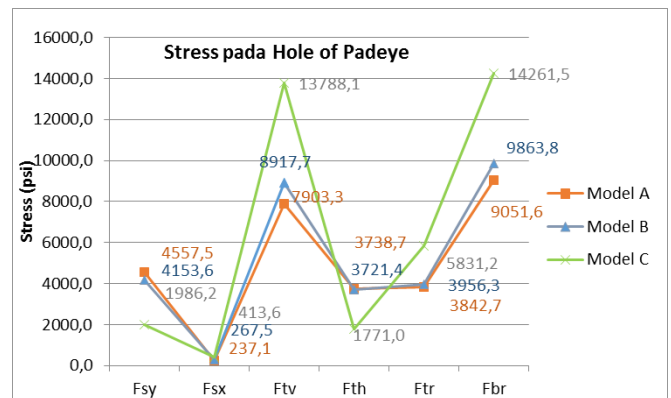


Gambar 4. Grafik Perbandingan *Stress* pada Area *Attachments*

Berikut adalah hasil tegangan yang terjadi pada *padeye hole*:

Tabel 11. Hasil Perhitungan *Stress* pada Area *Hole*

Nama Model	Shear Stress (psi)		Tension Stress (psi)		Tear out (psi)	Bearing Stress (psi)
	Fsy	Fsx	Ftv	Fth	Ftr	Fbr
Model A	4557,5	237,1	7903,3	3738,7	3842,7	9051,6
Model B	4153,6	267,5	8917,7	3721,4	3956,3	9863,8
Model C	1986,2	413,6	13788,1	1771,0	5831,2	14261,5



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Stress* pada Area *Hole*

#### G. Analisis Keandalan

Analisis keandalan ditinjau dari dua area kritis yang terdapat pada *padeye*, yaitu di daerah *attachmentss* dan *hole*. Terdapat dua variabel yang digunakan sebagai parameter keandalan metode MVFOSM. Dua variabel tersebut adalah *stress*/ tegangan yang terjadi pada *padeye* (S) dan *yield strength material padeye* (R). Dikarenakan data yang dimiliki hanya berupa tegangan aktual yang terjadi pada *padeye*, maka diperlukan data- data lain untuk membentuk sebuah distribusi berdasarkan data- data di atas. Untuk itu perlu dilakukan komputasi variabel diatas ke dalam bentuk distribusi normal dengan menggunakan *software* Minitab.

Berikut adalah nilai keandalan yang didapatkan dari tabel distribusi normal dan nilai dari *probability of failure* (pof) dari struktur *padeye* pada masing- masing model.

Tabel 12. Perhitungan Indeks Keandalan dan *Propability of Failure* pada *Attachmentss* dan *Hole Padeye*

Attachments			
Model	Indeks	Kehandalan	Probality of failure
	$\beta$	$K = \phi\beta$	$Pf = 1 - \phi\beta$
Tanpa Spread Bar	3,02	0,99874	0,126%
Satu Spread Bar	3,22	0,99936	0,064%
Dua Spread Bar	4,91	0,999999	0,0001%
Hole			
Tanpa Spread Bar	3,24	0,99938	0,062%
Satu Spread Bar	3,08	0,99897	0,10%
Dua Spread Bar	2,83	0,9977	0,23%

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian ini antara lain:

- 1) Model A memiliki *Fsling* sebesar 22,09 ton, Model B memiliki *Fsling* sebesar 21,11 ton, dan Model C memiliki *Fsling* sebesar 20,37 ton. Pada kecepatan angin 18,7 km/jam dan menghasilkan gaya total pada struktur 596,22 KN.
- 2) Melalui permodelan dengan menggunakan SACS 5.6, hasil *member unity check* terbesar terdapat pada Model A (tanpa *spreader bar*) sebesar 0,281 dengan faktor *combined load* 1,10 pada member. 0014-0018.
- 3) Pada daerah *attachments padeye*, tegangan dan UC tertinggi terjadi pada Model A sebesar 17625,99 psi dan untuk UC sebesar 0,52. Pada daerah *hole*, Tegangan ataupun UC yang lebih tinggi jatuh pada Model C yang menggunakan dua *spreader bar* sebesar 13936,58 psi dan nilai UC sebesar 0,45.
- 4) Pada area *attachements padeye*, PoF Model A sebesar 0,126 %, Model B sebesar 0,064%, dan Model C sebesar 0,00001%. Sedangkan daerah *hole padeye*. Model C memiliki nilai PoF yang paling tinggi, sebesar 0,23%, disusul model B sebesar 0,10 %, dan Model C sebesar 0,062%.
- 5) Dari ketiga konfigurasi memiliki keandalan *padeye* yang cukup tinggi, sehingga ketiga- tiganya aman. Namun dinilai dari ukuran *padeye* dan *lifting equipment* yang, Model C memiliki bentuk yang lebih kecil. Sehingga hal tersebut dapat lebih mudah dalam proses instalasinya dan tentunya akan lebih ekonomis.

*Lifting* pada *upper deck* dengan menggunakan ketiga konfigurasi memiliki keandalan yang tinggi pada struktur *padeye* sehingga proses *lifting* aman digunakan. Namun, melihat dari hasil kesimpulan diatas, Model C lebih direkomendasikan untuk proses *lifting upper deck*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis I.G.R.M.S ingin mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua, dosen pembimbing, seluruh Staff Pengajar dan Karyawan Jurusan Teknik Kelautan, dan teman- teman

penulis yang telah membimbing, membantu, dan mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soegiono. 2004. *Teknologi Produksi dan Perawatan Bangunan Laut*. Surabaya: Airlangga University Press..
- [2] DNV OS H205. 2014. *Lifting Operations (VMO Stadard- Part 2-5)*. Norway: Det Norske Veritas.
- [3] El-Reedy, Mohamed A. 2015. *Marine Structural Design Calculations*. Chennai : MPS Limited
- [4] API RP 2A WSD. 2005. *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design*. Washington DC: Amreican Petroleum Institute.
- [5] Rosyid, Daniel M. 2007. *Pengantar Rekayasa Keandalan*. Surabaya : Airlangga University Press
- [6] Liang, Li. 2004. *Heavy Lift Installaton Study of Offshore Structures*. Singapore: National University of Singapore